(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication: **0 539 273 B1**

(12) FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet: **11.10.95**

(51) Int. Cl.6: **F04C 2/107**

(21) Numéro de dépôt: **92402826.9**

(22) Date de dépôt: **15.10.92**

(54) Machine volumétrique à mouvement planétaire et géométrie hypertrochoidale.

(30) Priorité: **23.10.91 FR 9113531**

(43) Date de publication de la demande:
28.04.93 Bulletin 93/17

(45) Mention de la délivrance du brevet:
11.10.95 Bulletin 95/41

(84) Etats contractants désignés:
BE CH DE ES FR GB LI

(56) Documents cités:
FR-A- 997 957
US-A- 3 975 120

(73) Titulaire: **Leroy, André**
64 Chaussée de Binche
B-7030 Mons (Saint Symphorien) (BE)

Titulaire: **FLAMME, Jean-Marie**
23 Boulevard Richard Lenoir
F-75011 Paris (FR)

(72) Inventeur: **Leroy, André**
64 Chaussée de Binche
B-7030 Mons (Saint Symphorien) (BE)
Inventeur: **FLAMME, Jean-Marie**
23 Boulevard Richard Lenoir
F-75011 Paris (FR)

(74) Mandataire: **Ecrepont, Robert**
Cabinet Ecrepont
12 Place Simon Vollant
F-59800 Lille (FR)

EP 0 539 273 B1

Description

L'invention concerne une machine volumétrique comprenant un capsulisme cylindrique constitué essentiellement d'un piston cylindrique (organe mâle), d'une capsule cylindrique qui l'entoure (organe femelle) et d'un troisième organe en liaison rotoïde avec l'organe mâle autour de l'axe de celui-ci, en liaison rotoïde avec l'organe femelle autour de l'axe de celui-ci, la forme de ce troisième organe imposant le parallélisme de ces deux axes. Dans ces machines, le cylindre définissant la forme du piston présente un ordre de symétrie par rapport à son axe égal à s_P, celui de la capsule un ordre de symétrie égal à s_C ; s_P et s_C sont choisis de telle sorte que ces valeurs diffèrent d'une unité. En outre, la géométrie du piston et de la capsule sont choisies pour qu'il y ait contact entre ces éléments.

On connaît de nombreuses machines volumétriques à mouvement planétaire conformes à cette description. On peut citer essentiellement les machines qui sont décrites dans l'article PROJEKTIEREN DER ZYKLOIDENVERZAHNUNGEN HYDRAULISCHER VERDRAENGERMASHINEN paru dans MECHANISM AND MACHINE THEORY VOL 25 N°6 1990.

On observera que, dans ces machines à mouvement planétaire, où la valeur de s_P est différente de l'unité, l'axe du cylindre définissant la forme extérieure du piston doit être confondu avec l'axe de sa liaison rotoïde avec le troisième organe. De même, dans les machines où la valeur de s_C est différente de l'unité, l'axe du cylindre définissant la forme intérieure de la capsule doit être confondu avec l'axe de sa liaison rotoïde avec le troisième organe. Lorsque s_P est égal à un, l'axe du cylindre définissant la forme extérieure du piston peut être choisi arbitrairement, à condition d'être parallèle aux axes du troisième organe. Lorsque s_C est égal à un, l'axe du cylindre définissant la forme intérieure de la capsule peut être choisi arbitrairement, à condition d'être parallèle aux axes du troisième organe.

Les machines volumétriques à mouvement planétaire qui sont décrites dans l'article cité ci-dessus se distinguent des machines conformes à l'invention par la géométrie de la capsule et celle du piston. En effet dans ces machines connues, soit le piston, soit la capsule a une directrice qui est une hypotrochoïde ou une épitrochoïde raccourcies, ou une courbe uniformément distante d'une hypotrochoïde ou d'une épitrochoïde non allongées (c'est-à-dire ordinaires ou raccourcies). Toutes ces courbes n'ont qu'un ou deux paramètres de forme qui ne peuvent être choisis qu'entre des limites rapprochées. Elles ne permettent pas de satisfaire à toutes les contraintes technologiques, comme on le souhaite dans les machines modernes.

Par opposition, les machines objet de l'invention ont une géométrie beaucoup plus riche en paramètres de forme et dans certains cas présentent des avantages technologiques qui en facilitent la réalisation. Conformément à l'invention, l'un des organes, mâle ou femelle, a une directrice D_1 qui s'identifie à une courbe uniformément distante d'une hypertrochoïde fermée, ne présentant ni point double ni point de rebroussement, en excluant les hypertrochoïdes dégénérées en hypotrochoïdes, épitrochoïdes ou péritrochoïdes. Il est clair que tout en restant dans le cadre de l'invention, la directrice D_1 peut également être à distance nulle d'une telle hypertrochoïde et par conséquent s'y identifier. La définition des hypertrochoïdes est précisée dans le brevet FR-A-2.203.421.

L'autre organe, mâle ou femelle, des machines objet de l'invention a une directrice D_2 qui est l'enveloppe de D_1 dans un mouvement planétaire relatif défini par deux cercles C_1 et C_2 de centres et de rayons respectifs (O_1 , R_1) et (O_2 , R_2), ces cercles R_1 et R_2 étant respectivement solidaires des directrices D_1 et D_2 et roulant l'un sur l'autre sans glissement par contact intérieur, $|O_1 O_2|$ précisant l'entraxe du troisième organe. Les machines conformes à l'invention peuvent être groupées en quatre familles selon la nature de l'organe dont la forme est définie par D_1 et selon les valeurs comparatives des rayons R_1 et R_2. Il y a lieu de distinguer :

- Les machines pour lesquelles D_1 est la directrice du piston et D_2 est la directrice de la capsule, celle-ci s'identifiant à l'enveloppe extérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2 pour lequel $R_1 = s_P E$ et $R_2 = s_c E = (s_P + 1)E$ avec $E = |O_1 O_2|$ (famille I).
- Les machines pour lesquelles D_1 est la directrice du piston et D_2 est la directrice de la capsule, celle-ci s'identifiant à l'enveloppe extérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2 pour lequel $R_1 = s_P E$ et $R_2 = s_c E = (s_P - 1)E$ avec $E = |O_1 O_2|$ et $s_P > 1$ (famille II).
- Les machines pour lesquelles D_1 est la directrice de la capsule et D_2 est la directrice du piston, celle-ci s'identifiant à l'enveloppe intérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2 pour lequel $R_2 = s_P E$ et $R_1 = s_c E = (s_P - 1)E$ avec $E = |O_1 O_2|$ et $s_P > 1$ (famille III).
- Les machines pour lesquelles D_1 est la directrice de la capsule et D_2 est la directrice du piston, celle-ci s'identifiant à l'enveloppe intérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2 pour lequel $R_2 = s_P E$ et $R_1 = s_c E = (s_P + 1)E$ avec $E = |O_1 O_2|$ (famille IV).

Il est clair que d'autres machines conformes à l'invention peuvent être dérivées des machines appartenant à l'une des quatre familles précédentes. En effet, on peut utiliser une directrice D_2 dont une

partie au moins s'identifie à l'enveloppe de D_1 dans son mouvement relatif à D_2 et dont une partie au moins est extérieure à cette enveloppe dans le cas des familles I ou II et est intérieure à cette enveloppe dans le cas des familles III ou IV, les différentes parties se raccordant pour définir une courbe fermée.

Connaissant l'équation paramétrique de la directrice D_1, qui s'écrit $Z_1(x)$ dans le plan complexe O_1XY, (x représentant le paramètre cinématique), on peut obtenir assez facilement,dans le plan complexe O_2XY, l'équation Z_2 des enveloppes de D_1 dans le mouvement relatif de D_1 par rapport à D_2 défini par R_1 et R_2, au moyen des deux relations suivantes, où γ représente l'angle de rotation de D_1 par rapport au troisième organe et ou Z_3 est le nombre complexe conjugué de la dérivée de Z_1 par rapport à x:

$$\mathrm{Re}\,\{Z_1 Z_3 - R_1 Z_3 \,\mathrm{expi}\,(-\gamma)\} = 0 \qquad (1)$$

$$Z_2 = (R_2 - R_1)\,\mathrm{expi}\,\{-\gamma\, R_1/R_2\} + Z_1\,\mathrm{expi}\,\{\gamma(1-R_1/R_2)\} \qquad (2)$$

L'expression (1) fournit une relation entre γ et x qui, introduite dans l'expression (2), permet la définition de Z_2 en fonction d'un seul paramètre cinématique γ ou x. On observera qui si théoriquement, on a intérêt à rechercher l'ensemble $\{x^*\}$ correspondant à une position particulière γ^* de D_1, il est numériquement beaucoup plus facile de trouver l'ensemble des positions de D_1 définies par $\{\gamma^{**}\}$ pour lesquelles le contact s'établit en un point particulier de D_1 défini par x^{**}. On remarquera également que Z_2 correspond aux enveloppes intérieure et extérieure, qu'il convient de séparer ces deux enveloppes et d'utiliser l'une d'elles selon la famille de machines que l'on veut réaliser. Cette séparation peut par exemple se fonder sur la comparaison des rayons de courbure aux points de contact de D_1 et D_2.

Le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2 peut être réalisé dans les machines objet de l'invention de trois manières différentes :

- On peut immobiliser le troisième organe et rendre mobiles le piston et la capsule.
- On peut aussi immobiliser le piston et rendre mobiles la capsule et le troisième organe.
- On peut enfin, et c'est en principe la réalisation la plus simple, immobiliser la capsule et rendre mobiles le troisième organe et le piston.

Quels que soient les mouvements absolus retenus par les machines objet de l'invention, le mouvement planétaire relatif peut être réalisé par une transmission à rapport constant et notamment par un engrenage intérieur à axes parallèles, dont les roues E_1 et E_2 sont respectivement solidaires des piston et capsule et dont les rayons primitifs sont respectivement égaux à R_1 et R_2.

Lorsque l'on a recours à une transmission à rapport constant pour imposer le mouvement planétaire relatif, un jeu fonctionnel, ménagé entre la capsule et le piston, permet d'éviter le contact direct entre ces deux éléments et autorise un fonctionnement "à sec" de la machine.

Lorsque l'on accepte le contact direct entre le piston et la capsule, on peut, si la géométrie des surfaces en contact de ces deux éléments permet une conduite suffisante et si le fluide véhiculé dans la machine est suffisamment lubrifiant, supprimer la transmission à rapport constant, le mouvement planétaire relatif étant directement imposé par le contact piston-capsule. Il en résulte dans ce cas une grande simplicité de réalisation.

Quelle que soit l'organisation mécanique des machines objet de l'invention, ces machines transforment de l'énergie fluide en énergie mécanique ou réciproquement.

L'énergie mécanique est échangée avec l'extérieur par un arbre. Lorsque le troisième organe est mobile, cet arbre s'identifie avec lui et il est dans ce cas de forme coudée. Lorsque le troisième organe est immobile, cet arbre, de forme rectiligne, en est distinct et il est solidaire de la capsule ou du piston.

L'énergie fluide est introduite et extraite de la machine par un ensemble de clapets, de lumières et/ou de soupapes disposés dans la capsule et/ou le piston, selon les techniques classiques utilisées dans les machines volumétriques connues et directement applicables par l'homme de l'art. Ces dispositifs de distribution du fluide peuvent éventuellement être réglables pour autoriser une variation du remplissage. Qu'elle soit réglable ou non, la distribution du fluide peut être adaptée à la nature de celui-ci (fluide incompressible ou compressible) et au sens de transformation de l'énergie (machine génératrice d'énergie fluide: compresseur ou pompe et machine génératrice d'énergie mécanique: moteur).

On observera que, dans le cas particulier des machines où le troisième organe est immobile, lorsque ces machines appartiennent aux familles I ou II et lorsque la directrice D_2 ne s'identifie pas complètement à l'enveloppe de D_1 dans le mouvement planétaire relatif, la partie de la directrice D_2 qui est extérieure à cette enveloppe peut être supprimée, les différentes parties de la directrice D_2 qui s'identifient à l'enveloppe sont alors disjointes et la directrice ne constitue plus une courbe fermée. Dans ces machines, un carter fixe qui s'identifie au troisième organe entoure la capsule pour assurer l'étanchéité, la capsule et le piston assurant la distribution du fluide, en découvrant et en obturant périodiquement dans leurs mouvements absolus de rotation, une lumière d'admission au moins et une lumière d'échappement au

moins, fixes dans la machine.

Un groupe de machines particulièrement intéressant appartenant à la famille I est celui dont la directrice D_1 répond à l'équation suivante dans le plan complexe :

$$Z_1 = \{(1+S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\{x(1/S)-x\} + R_m\ \mathrm{expi}\{x(1/S)\} + \{(1-S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\{x(1/S)+x\} \quad (3)$$

dans laquelle Z_1 désigne l'affixe du point générateur de la directrice D_1, chaque point étant précisé par une valeur particulière du paramètre cinématique x dont le domaine de variation est compris entre 0 et $2S\pi$ pour parcourir une seule fois la courbe, S est un nombre entier qui désigne l'ordre de symétrie de D_1 par rapport à l'origine du plan complexe et est choisi arbitrairement, expi représente la fonction exponentielle imaginaire, E et R_m sont deux longueurs choisies librement à condition que la courbe correspondante ne présente ni point double, ni point de rebroussement, ce qui limite indirectement la valeur du rapport E/R_m.

Les figures 1 à 4 représentent schématiquement une machine conforme à l'invention. Les figures 5 à 8 représentent schématiquement une autre machine conforme à l'invention. Ces représentations sont le résultat d'une simulation numérique sur ordinateur.

Les figures 9 et 10 représentent un compresseur où la capsule est immobile et où le troisième organe est un arbre coudé.

Les figures 11 et 12 représentent une machine où le troisième organe, immobile, s'identifie à un carter entourant la capsule, avec lequel le piston et la capsule sont en liaisons rotoïdes.

Dans les machines représentées aux figures 9 à 12, la forme de la surface intérieure de la capsule et de la surface extérieure du piston correspondent aux schémas présentés aux figures 1 à 4.

Les figures 1 et 2 montrent, pour deux positions particulières du piston, une coupe, perpendiculaire aux axes, d'une machine de la famille I caractérisée par $s_P=2$, $s_C=3$, E = 10 mm, R_1 = 20 mm, R_2 = 30 mm et dont la directrice D_1 est conforme à l'équation (3) avec $S=s_P$ et R_m = 45 mm. On distingue, sur ces deux figures la capsule (10) de directrice D_2 qui entoure le piston (11) de directrice D_1. On aperçoit nettement sur la figure 1, trois points de contact U_1,U_2,U_3 entre D_1 et D_2. La figure 3 représente la directrice D_1 (12), la figure 4 montre plusieurs positions de D_1 par rapport à la capsule, celle-ci n'étant pas figurée par souci de clarté.

L'étude de cette machine donne les résultats suivants:

$$Z_3 = -i\{\{(1/S)-1\}\ \{(1+S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\{-x(1/S)+x\} + \{(1/S)\}\ R_m\ \mathrm{expi}\{-x(1/S)\} + \{(1/S)+1\}\{(1-S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\{-x(1/S)-x\}\}$$

On en déduit:

$$\mathrm{Re}\{Z_1 Z_3\} = -ER_m\sin(x) - \{(1-S^2)/2\}E^2\sin(2x)$$

et

$$\mathrm{Re}\{R_1 Z_3 \mathrm{expi}(-\gamma)\} = \{(1/S)-1\}\{(1+S)/2\}\ R_1 E\ \sin\{-x(1/S)+x-\gamma\} + \{(1/S)\}\ R_1 R_m\ \sin\{-x(1/S)-\gamma\} + \{(1/S)+1\}\{(1-S)/2\}\ R_1 E\ \sin\{-x(1/S)-x-\gamma\}$$

Si

$$x + x(1/S) + \gamma = (2l+1)\pi \text{ avec } l = 0,1, S=2 \quad (4)$$
$$\sin\{-x-x(1/S)-\gamma\} = 0$$

et, compte tenu de ce que $R_1 = s_P E = SE$,

$$\mathrm{Re}\{R_1 Z_3 \mathrm{expi}(-\gamma)\} = \{(1/S)-1\}\ \{(1+S)/2\}\ SE^2\ \sin\{2x+\pi\} + \{(1/S)\}\ SER_m\ \sin\{x+\pi\}$$

ou

$$\mathrm{Re}\{R_1 Z_3 \mathrm{expi}(-\gamma)\} = \{(1-S)/S\}\ \{(1+S)/2\}\ SE^2\ \sin\{2x+\pi\} + \{(1/S)\}\ SER_m\ \sin\{x+\pi\}.$$

Par conséquent,la relation (1) est bien vérifiée simultanément avec la relation (4).

L'expression générale de la relation (2) donne l'expression de Z_2 qui s'écrit ici compte tenu de (4) et de ce que $R_2=(s_P+1)E=(S+1)E$:

$$Z_2 = E\ \mathrm{expi}\{-\gamma(S/S+1)\} + \{(1+S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\{x(1/S)-x+\gamma-\gamma(S/S+1)\} + R_m\ \mathrm{expi}\{x(1/S)+\gamma-\gamma(S/S+1)\} + \{(1-S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\{x(1/S)+x+\gamma-\gamma(S/S+1)\}$$

En posant, pour simplifier l'écriture,

$$A = \{(1+S)/2\}\ E,$$

il vient :

$$Z_2 = \{A\ \mathrm{expi}(-x) + R_m - A\ \mathrm{expi}(+x)\}\ \{\mathrm{expi}\{x(1/S)+\gamma-\gamma(S/S+1)\}\}$$

ou encore, compte tenu de (4)

$$Z_2 = \{A\ \mathrm{expi}(-x) + R_m - A\ \mathrm{expi}(+x)\}\ \{\mathrm{expi}\{(1/S+1)(2l+1)\pi\}\}$$

Le terme $\{A\mathrm{expi}\ (-x) + R_m - A\mathrm{expi}\ (+x)\}$ de cette expression représente un segment de droite dirigé selon l'axe des ordonnées, passant par le point d'abscisse R_m et d'ordonnée 0. Sa longueur est égale à 4A, c'est-à-dire à $(1+S)2E$.
Le produit

$$\{A\ \mathrm{expi}(-x) + R_m - A\ \mathrm{expi}(+x)\}\ \{\mathrm{expi}\{(1/S+1)(2l+1)\pi\}\}$$

représente le même segment de droite tourné de

$$\{-(1/S+1)(2l+1)\pi\}\ \text{avec}\ l = 0,1, S = 2,$$

c'est-à-dire de 60 degrés, 180 degrés et 300 degrés.

Du résultat précédent,obtenu lorsque la relation (1) est satisfaite par les valeurs de x et γ compatibles avec la relation (4), il résulte que D_2 comporte trois segments de droite de longueur égale à $(1+S)2E$ disposés à $2\pi/(S+1)$ l'un par rapport à l'autre.
Le raccordement de ces trois segments de droite est obtenu pour d'autres relations entre x et γ satisfaisant la relation (1).Il y correspond trois arcs à courbure variable.

Lorsque la relation (4) est vérifiée, il existe, pour toutes les positions angulaires du piston définies par γ, trois points de contact avec la directrice définis par les trois valeurs correspondantes de l et donc de x.
Une valeur de x et une valeur de γ vérifiant l'une des déterminations de la relation (4) définissent un point de contact situé sur l'un des trois segments de droite de D_2 et, pour une valeur particulière de γ, à chaque détermination de la relation (4), correspond un segment de droite de D_2. Il en résulte que d'une part la directrice de la capsule doit s'identifier à ces trois segments de droite et peut, en dehors de ces segments, s'écarter de la directrice D_2 à condition d'être extérieure à celle-ci. Dans ce cas, les contacts de la directrice de la capsule avec la directrice D_1 du piston s'effectuent toujours en trois points et le mouvement planétaire relatif piston-capsule peut être réalisé directement par ces contacts, sans que l'on ait besoin de recourir à un engrenage matérialisant les roues E_1 et E_2. Il en résulte une grande facilité de fabrication, puisque le nombre d'organes constitutifs de la machine est réduit au strict minimum et que l'usinage de la capsule est extrêmement simple, puisque réduit à celui de trois plans. On observera que dans cette machine, il existe en permanence trois chambres de travail dans lesquelles le fluide peut être introduit et hors desquelles il peut s'échapper.

Les figures 5 à 8 ont respectivement la même signification que celle des figures 1 à 4 {capsule (20), piston (21) et directrice D_1 (22) du piston (21)}, mais pour une machine de la famille II avec $s_P = 3$, $s_C = 2$ $E = 10$ mm, $R_1 = 30$ mm, $R_2 = 20$ mm et une directrice D_1 du piston définie par l'équation:

$$Z_1 = 15\ \mathrm{expi}(-2x/3) + 120\ \mathrm{expi}(+x/3) - 5\ \mathrm{expi}(4x/3).$$

La directrice D_2 de la capsule correspondante a une symétrie d'ordre 2. La résolution de la relation (1) pour toutes les positions relatives piston-capsule montre que l'on a en permanence trois contacts entre D_1 et son enveloppe extérieure D_2. Ceci conduit à l'existence de trois chambres de travail pour le fluide.

En se référant aux figures 3 et 4 d'une part, 7 et 8 d'autre part, on peut encore observer les résultats suivants :

La figure 4 représente le mouvement planétaire d'une courbe D_1 d'ordre de symétrie égal à 2, représentée à la figure 3. Le mouvement planétaire est caractérisé par le roulement d'une circonférence C_1 de rayon égal à 2E (à laquelle est associée la directrice D_1) sur une circonférence fixe C_2 de rayon égal à 3E. Sur la figure 4, on peut observer les enveloppes extérieure et intérieure solidaires de cette circonférence fixe C_2. Ces enveloppes ont toutes les deux un ordre de symétrie égal à 3.

Si on matérialise D_1 et son enveloppe extérieure D_2, avec $R_1 = 2E$ et $R_2 = 3E$,
D_1 est le piston
D_2 est la capsule
$s_P = 2$ $s_C = 3$, R_1 est bien égal à $s_P E$ et R_2 à $s_C E = (s_P + 1)E$.
La machine correspondante appartient à la famille I.
Si on matérialise D_1 et son enveloppe intérieure D_2, avec $R_1 = 2E$ et $R_2 = 3E$,
D_1 est la capsule
D_2 est le piston
$s_C = 2$ $s_P = 3$, R_2 est bien égal à $s_P E$ et R_1 à $s_C E = (s_P - 1)E$. .
La machine correspondante appartient à la famille III.

La figure 8 représente le mouvement planétaire d'une courbe D_1 d'ordre de symétrie égal à 3, représentée à la figure 7. Le mouvement planétaire est caractérisé par le roulement d'une circonférence C_1 de rayon égal à 3E (à laquelle est associée la directrice D_1) sur une circonférence fixe C_2 de rayon égal à 2E. Sur la figure 8, on peut distinguer les enveloppes extérieure et intérieure solidaires de cette circonférence fixe C_2. Ces enveloppes ont toutes les deux un ordre de symétrie égal à 2.

Si on matérialise D_1 et son enveloppe extérieure D_2, avec $R_1 = 3E$ et $R_2 = 2E$,
D_1 est le piston
D_2 est la capsule
$s_P = 3$ $s_C = 2$, R_1 est bien égal à $s_P E$ et R_2 à $s_C E = (s_P - 1)E$.
La machine correspondante appartient à la famille II.
Si on matérialise D_1 et son enveloppe intérieure D_2, avec $R_1 = 3E$ et $R_2 = 2E$,
D_1 est la capsule
D_2 est le piston
$s_C = 3$ $s_P = 2$, R_2 est bien égal à $s_P E$ et R_1 à $s_C E = (s_P + 1)E$.
La machine correspondante appartient à la famille IV.

Les figures 9 et 10 présentent une coupe transversale et une coupe axiale respectivement, dans un compresseur où le fluide comprimé est suffisamment lubrifiant pour permettre au couple piston-capsule de réaliser directement le mouvement planétaire.

Dans ces coupes, on distingue le piston (11) d'ordre de symétrie $s_p = 2$ et sa directrice (12), la capsule (10) et sa directrice d'ordre de symétrie $s_C = 3$ constituée de trois segments de droite (13,14 et 15) ainsi que de trois arcs (16,17 et 18) extérieurs à l'enveloppe du piston entre les points A_{13} B_{13}, A_{14} B_{14} et A_{15} B_{15}. Le troisième organe, matérialisé par un arbre coudé, (30) est en liaison rotoïde avec la capsule (10) par l'intermédiaire des roulements (31 et 32) et est en liaison rotoïde avec le piston (11) par l'intermédiaire des roulements (33 et 34). Cet arbre coudé est entraîné par la poulie (35) calée sur lui. Le fluide est admis dans le compresseur par les clapets (41,42,43) localisés dans le flasque arrière (101) de la capsule (10) et s'en échappe par les clapets (51,52,53) localisés dans la partie tubulaire (100) de la capsule (10). Des obturateurs commandés tels que (61), localisés dans le flasque avant (102) de la capsule (10) permettent le maintien à la pression d'admission d'une, de deux ou de trois chambres de travail du compresseur. On peut ainsi assurer la régulation du débit en trois échelons et faire fonctionner le compresseur à débit nul sans cesser de l'entraîner, en évitant ainsi de recourir à un embrayage interposé entre l'arbre coudé et la poulie ou en évitant d'arrêter le moteur lorsque celui-ci doit continuer à entraîner d'autres machines.

La figure 11 est une machine qui comporte un piston et une capsule, en liaison rotoïdes avec un carter fixe; cette vue selon la direction des axes des liaisons rotoïdes représente la machine sans le flasque situé du côté de l'entraînement.

La figure 12 est une coupe dans la machine par un plan contenant les axes des deux liaisons rotoïdes. On distingue, dans cette coupe, le piston 11, la capsule 10 et le carter constitué d'une partie tubulaire 130 et de deux flasques 230 et 330.

Le piston 11 est, dans la machine représentée, d'une seule pièce avec l'arbre 111 dont les paliers 112 et 113 matérialisent la liaison rotoïde du piston 11 avec les flasques 230 et 330 du carter. La capsule 10 est en liaison rotoïde par le palier lisse 110 avec la partie tubulaire 130 du carter. L'admission du fluide dans la machine se fait par la lumière 140 reliée, dans le flasque 230, à la tubulure 340 et l'échappement se fait par la lumière 150 reliée à la tubulure 350 dans le flasque 330.

Dans la présente description, les formes revendiquées pour le piston et la capsule ainsi que le caractère planétaire du mouvement sont à comprendre comme des caractéristiques nominales des machines conformes à l'invention.

Revendications

1. Machine volumétrique comprenant un capsulisme cylindrique, constitué essentiellement d'un piston cylindrique (11) organe mâle, présentant par rapport à son axe un ordre de symétrie exprimé par un nombre entier s_P, d'une capsule cylindrique (10) qui l'entoure, organe femelle, présentant par rapport à son axe un ordre de symétrie exprimé par un nombre entier sC et d'un troisième organe en liaison rotoïde avec l'organe mâle atour de l'axe de celui-ci, en liaison rotoïde avec l'organe femelle autour de l'axe de celui-ci, la forme de ce troisième organe imposant le parallélisme de ces deux axes, les ordres de symétrie s_P et s_C différant d'une unité et les géométries des piston (11) et capsule (10) étant définies pour que ces organes soient en contact, CARACTERISEE EN CE QUE l'un des organes mâle ou femelle a une directrice D_1 qui s'identifie à une courbe uniformément distante, la distance uniforme étant éventuellement nulle, d'une hypertrochoïde fermée, en excluant les hypertrochoïdes dégénérées en hypotrochoïdes, péritrochoïdes et épitrochoïdes ou en courbes uniformément distantes de ces hypotrochoïdes, péritrochoïdes et épitrochoïdes, cette hypertrochoïde ne présentant ni point double, ni point de rebroussement, l'autre organe ayant une directrice D_2 qui est l'enveloppe de D_1 dans un mouvement planétaire relatif défini par deux cercles C_1 et C_2, de centres et de rayons respectifs (O_1,R_1) et (O_2,R_2), respectivement solidaires des directrices D_1 et D_2 et roulant l'un sur l'autre sans glissement par contact intérieur, $|O_1O_2|$ précisant l'entraxe du troisième organe.

2. Machine volumétrique conforme à la revendication 1, CARACTERISEE EN CE QUE D_1 (12) est la directrice du piston (11), D_2 est la directrice de la capsule (10) qui s'identifie à l'enveloppe extérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2, défini par $R_1 = S_PE$ et $R_2 = S_C E = (S_P+1) E$ avec $E = |O_1O_2|$

3. Machine volumétrique conforme à la revendication 1, CARACTERISEE EN CE QUE D_1 (22) est la directrice du piston (21), D_2 est la directrice de la capsule (20) qui s'identifie à l'enveloppe extérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2, défini par $R_1 = S_PE$ et $R_2 = S_C E = (S_P-1) E$ avec $E = |O_1O_2|$ et $S_P > 1$

4. Machine volumétrique conforme à la revendication 1, CARACTERISEE EN CE QUE D_1 est la directrice de la capsule, D_2 est la directrice du piston qui s'identifie à l'enveloppe intérieure de D_1 dans le mouvement planétaire de D_1 relativement à D_2, défini par $R_2 = S_PE$ et $R_1 = S_C E = (S_P+1) E$ avec $E = |O_1O_2|$

5. Machine volumétrique conforme à la revendication 1, CARACTERISEE EN CE QUE le mouvement planétaire est défini par $R_2 = S_PE$ et $R_1 = S_CE = (S_P-1) E$ avec $E = |O_1O_2|$ et $S_P > 1$

6. Machine volumétrique conforme à la revendication 2 ou 3, CARACTERISEE EN CE QUE une partie au moins de la directrice D_2 est extérieure à l'enveloppe extérieure de D_1 dans son mouvement planétaire relativement à D_2 et une autre partie de la directrice D_2 au moins s'identifie à une partie de cette enveloppe, les différentes parties se raccordant pour définir une courbe fermée.

7. Machine volumétrique conforme à la revendication 4 ou 5, CARACTERISEE EN CE QUE une partie au moins de la directrice D_2 est intérieure à l'enveloppe intérieure de D_1 dans son mouvement relativement à D_2 et une autre partie de la directrice D_2 au moins s'identifie à une partie de cette enveloppe, les parties se raccordant pour définir une courbe fermée.

8. Machine volumétrique conforme à la revendication 2, CARACTERISEE EN CE QUE l'hypertrochoïde répond, dans le plan complexe, à l'équation :

$$Z_1 = \{(1+S)/2\}\ E \operatorname{expi} \{x(1/S)-x\} + R_m \operatorname{expi} \{x(1/S)\} + \{(1-S)/2\}\ E \operatorname{expi} \{x(1/S)+x\},$$

dans laquelle, Z_1 désigne l'affixe du point générateur de la directrice D_1, chaque point étant précisé par une valeur particulière du paramètre cinématique x dont le domaine de variation est compris entre 0 et

$2S\pi$, pour parcourir une seule fois la courbe, S est un nombre entier qui désigne l'ordre de symétrie de la courbe par rapport à l'origine du plan complexe et est choisi arbitrairement, expi représente la fonction exponentielle imaginaire, E et R_m sont deux longueurs choisies librement à condition que la courbe correspondante ne représente ni point double ni point de rebroussement, ce qui limite indirectement la valeur du rapport E/R_m.

Claims

1. A volumetric machine comprising a cylindrical encapsulation essentially comprising a cylindrical piston (11) (male component) having with respect to its axis an order of symmetry expressed by a whole number s_p, a cylindrical capsule (10) which surrounds the said piston (female component) having with respect to its axis an order of symmetry expressed by a whole number sC and a third component rotatably connected to the male component about the axis of the said male component, rotatably connected to the female component about the axis of the said female component, the shape of this third component forcing these two axes to be parallel, the orders of symmetry s_p and s_C differing by one unit and the geometries of the piston (11) and the capsule (10) being defined so that these components are in contact CHARACTERISED IN THAT one of the male or female components has a directrix D_1 which becomes identical with a curve at a constant distance, the constant distance possibly being zero, from a closed hypertrochoid, not including the hypertrochoids transformed into hypotrochoids, peritrochoids and epitrochoids or into curves at a constant distance from these hypotrochoids, peritrochoids and epitrochoids, this hypertrochoid not having a double point nor cusp, the other component having a directrix D_2 which is the envelope of D_1 in a relating planetary movement described by two circles C_1 and C_2, with centres and radii (O_1, R_1) and (O_2, R_2) respectively, and each integral with the directrixes D_1 and D_2 and rolling on top of each other without slipping due to internal contact, $|O_1O_2|$ determining exactly the centre distance of the third component.

2. A volumetric machine according to Claim 1, CHARACTERISED IN THAT D_1 (12) is the directrix of the piston (11), D_2 is the directrix of the capsule (10) which becomes identical with the outer envelope of D_1 in the planetary movement of D_1 with respect to D_2, defined by $R_1 = S_pE$ and $R_2 = S_cE = (S_p+1)E$ where $E = |O_1O_2|$.

3. A volumetric machine according to Claim 1, CHARACTERISED IN THAT D_1 (22) is the directrix of the piston (21), D_2 is the directrix of the capsule (20) which becomes identical with the outer envelope of D_1 in the planetary movement of D_1 with respect to D_2, defined by $R_1 = S_pE$ and $R_2 = S_cE = (S_p-1)E$ where $E = |O_1O_2|$ and $S_p > 1$.

4. A volumetric machine according to Claim 1 CHARACTERISED IN THAT D_1 (22) is the directrix of the capsule (21), D_2 is the directrix of the piston (20) which becomes identical with the inner envelope of D_1 in the planetary movement of D_1 with respect to D_2, defined by $R_2 = S_pE$ and $R_1 = S_cE = (S_p+1)E$ where $E = |O_1O_2|$.

5. A volumetric machine according to Claim 1, CHARACTERISED IN THAT the planetary movement is defined by $R_2 = S_pE$ and $R_1 = S_cE = (S_p-1)E$ where $E = |O_1O_2|$ and $S_p > 1$.

6. A volumetric machine according to Claims 2 and 3, CHARACTERISED IN THAT at least one section of the directrix D_2 is outside the outer envelope of D_1 in its planetary movement with respect to D_2, and at least one other section of the directrix D_2 becomes identical with a section of this envelope, the different sections joining to describe a closed curve.

7. A volumetric machine according to Claims 4 and 5, CHARACTERISED IN THAT at least one section of the directrix D_2 is inside the inner envelope of D_1 in its planetary movement with respect to D_2, and at least one other section of the directrix D_2 becomes identical with a section of this envelope, the different sections joining to describe a closed curve.

8. A volumetric machine according to Claim 2, CHARACTERISED IN THAT the hypertrochoid corresponds, in the complex plane, to the equation:

$$Z_1 = \{(1+S)/2\} E \text{ expi } \{x\,(1/S)-x\} + R_m \text{ expi } \{x\,(1/S)\} + \{(1-S)/2\} E \text{ expi } \{x\,(1/S)+x\},$$

in which, Z_1 denotes the affix of the generator point of the directrix D_1, each point being determined by a particular value of the kinematic parameter x ranging between 0 and $2S\pi$ to pass through the curve once, S is a whole number which denotes the order of symmetry of the curve in relation to the origin of the complex plane and is chosen arbitrarily, expi is the imaginary exponential function. E and R_m are two lengths freely chosen provided that the corresponding curve does not show a double point nor a cusp, as this would indirectly restrict the value of the ratio E/R_m.

Patentansprüche

1. Verdrängermaschine mit zylindrischer Verkapselung, die im wesentlichen aus einem zylindrischen Kolben (11) als umschlossenem Teil, das, bezogen auf seine Achse, eine Symmetrie in einer durch eine ganze Zahl S_p ausgedrückten Ordnung besitzt, aus einer diesen als Umschließungsteil umschließenden zylindrischen Kapsel (10), die, bezogen auf ihre Achse, eine Symmetrie in einer durch eine ganze Zahl S_C ausgedrückten Ordnung besitzt, und aus einem dritten Element besteht, das sich in Drehverbindung mit dem umschlossenen Teil um dessen Achse und in Drehverbindung mit dem Umschließungsteil um dessen Achse befindet, wobei die Form dieses dritten Elements die Parallelität dieser beiden Achsen erzwingt und wobei die Symmetrieordnungen S_p und S_C sich um 1 voneinander unterscheiden und die jeweilige Geometrie des Kolbens (11) und der Kapsel (10) so definiert ist, daß sich diese Elemente in Kontakt befinden,
dadurch GEKENNZEICHNET, daß das umschlossene Teil oder das Umschließungsteil eine Leitlinie D_1 aufweist, die mit der Kurve gleichen Abstands, wobei der gleichmäßige Abstand gegebenenfalls Null ist, eines geschlossenen Hypertrochoids identifiziert ist, unter Ausschluß der zu Hypotrochoiden, Peritrochoiden und Epitrochoiden entarteten Hypertrochoiden oder gleichmäßig von diesen Hypotrochoiden, Peritrochoiden und Epitrochoiden beabstandeten Kurven, wobei dieses Hypertrochoid weder einen doppelten Punkt noch einen Umkehrpunkt aufweist und wobei das andere Element eine Leitlinie D_2 besitzt, welche die Einhüllende von D_1 bei einer relativen, von zwei Kreisen C_1 und C_2 definierten Planetenbewegung darstellt, deren jeweilige Mittelpunkte und Radien (O_1, R_1) und (O_2, R_2) jeweils fest mit den Leitlinien D_1 und D_2 verbunden sind, und reibungslos unter Innenkontakt auf dem anderen abrollt, wobei $|O_1O_2|$, den Achsabstand des dritten Elements bestimmt.

2. Verdrängermaschine nach Anspruch 1, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß D_1 (12) die Leitlinie des Kolbens (11) ist und D_2 die Leitlinie der Kapsel (10) ist, die mit der außenliegenden Umhüllenden von D_1 bei der Planetenbewegung von D_1 relativ zu D_2 identifiziert ist, welche durch $R_1 = S_pE$ und $R_2 = S_CE = (S_p+1)E$, wobei $E = |O_1O_2|$ ist, definiert ist.

3. Verdrängermaschine nach Anspruch 1, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß D_1 (22) die Leitlinie des Kolbens (21) ist und D_2 die Leitlinie der Kapsel (20) ist, die mit der außenliegenden Umhüllenden von D_1 bei der Planetenbewegung von D_1 relativ zu D_2 identifiziert ist, welche durch $R_1 = S_pE$ und $R_2 = S_CE = (S_p-1)E$, wobei $E = |O_1O_2|$ ist, und $S_p > 1$ definiert ist.

4. Verdrängermaschine nach Anspruch 1, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß D_1 die Leitlinie der Kapsel ist und D_2 die Leitlinie des Kolbens ist, die mit der außenliegenden Umhüllenden von D_1 bei der Planetenbewegung von D_1 relativ zu D_2 identifiziert ist, welche durch $R_2 = S_pE$ und $R_1 = S_CE = (S_p+1)E$, wobei $E = |O_1O_2|$ ist, definiert ist.

5. Verdrängermaschine nach Anspruch 1, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß die Planetenbewegung durch $R_2 = S_pE$ und $R_1 = S_CE = (S_p-1)E$, wobei $E = |O_1O_2|$ ist, und $S_p > 1$ definiert ist.

6. Verdrängermaschine nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß zumindest, ein Abschnitt der Leitlinie D_2 sich außerhalb der außenliegenden Umhüllenden von D_1 bei deren Planetenbewegung relativ zu D_2 befindet und zumindest, ein anderer Abschnitt der Leitlinie D_2 mit einem Abschnitt dieser Umhüllenden identifiziert ist, wobei die verschiedenen Abschnitte so aneinander anschließen, daß eine geschlossene Kurve definiert ist.

7. Verdrängermaschine nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß zumindest, ein Abschnitt der Leitlinie D_2 sich innerhalb der innenliegenden Umhüllenden von D_1 bei deren Bewegung relativ zu D_2 befindet und zumindest, ein anderer Abschnitt der Leitlinie D_2 mit einem Abschnitt dieser

Umhüllenden identifiziert ist, wobei die Abschnitte, so aneinander anschließen, daß eine geschlossene Kurve definiert ist.

8. Verdrängermaschine nach Anspruch 2, **dadurch GEKENNZEICHNET**, daß in der komplexen Ebene das Hypertrochoid die folgende Gleichung erfüllt:

$$Z_1 = \{(1+S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\ \{k(1/S)\text{-}k\} + R_m\ \mathrm{expi}\ \{k(1/S)\} + \{(1\text{-}S)/2\}\ E\ \mathrm{expi}\ \{k(1/2)+k\},$$

in welcher Z_1 das Ableitungselement des Erzeugungspunkts der Leitlinie D_1 bezeichnet, wobei jeder Punkt durch einen speziellen Wert des Bewegungsparameters k genau angegeben ist, dessen Schwankungsbereich zwischen 0 und $2S\pi$ beträgt, so daß die Kurve einmal durchlaufen wird; in welcher S eine ganze Zahl ist, welche die Ordnung der Symmetrie der Kurve, bezogen auf den Ursprung der komplexen Ebene, angibt und willkürlich wählbar ist; in welcher expi die imaginäre Exponentialfunktion angibt, und E und R_m zwei Längen darstellen, die unter der Bedingung frei wählbar sind, daß die entsprechende weder einen doppelten Punkt noch einen Umkehrpunkt aufweist, wodurch der Wert des Verhältnisses E/R_m indirekt beschränkt wird.

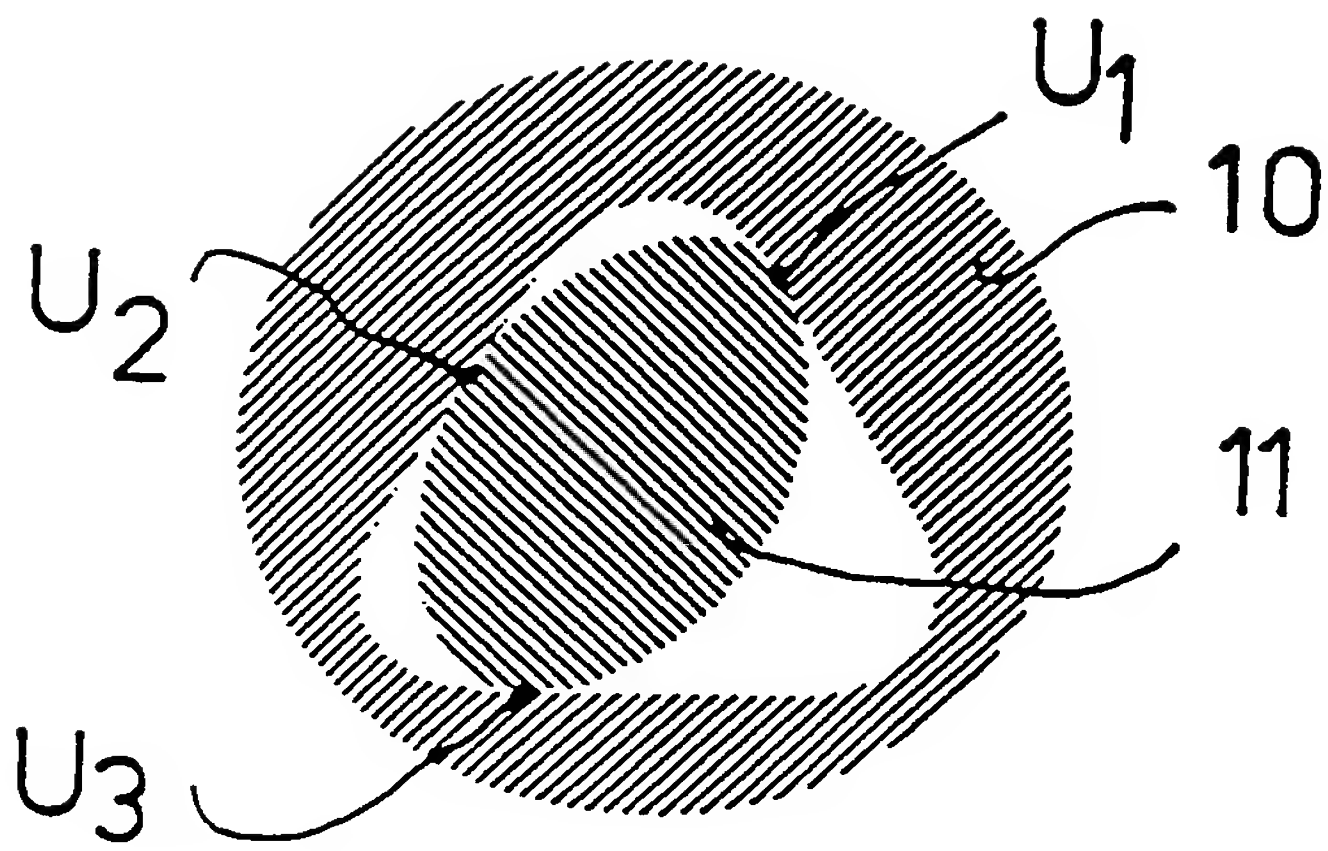

Fig 1

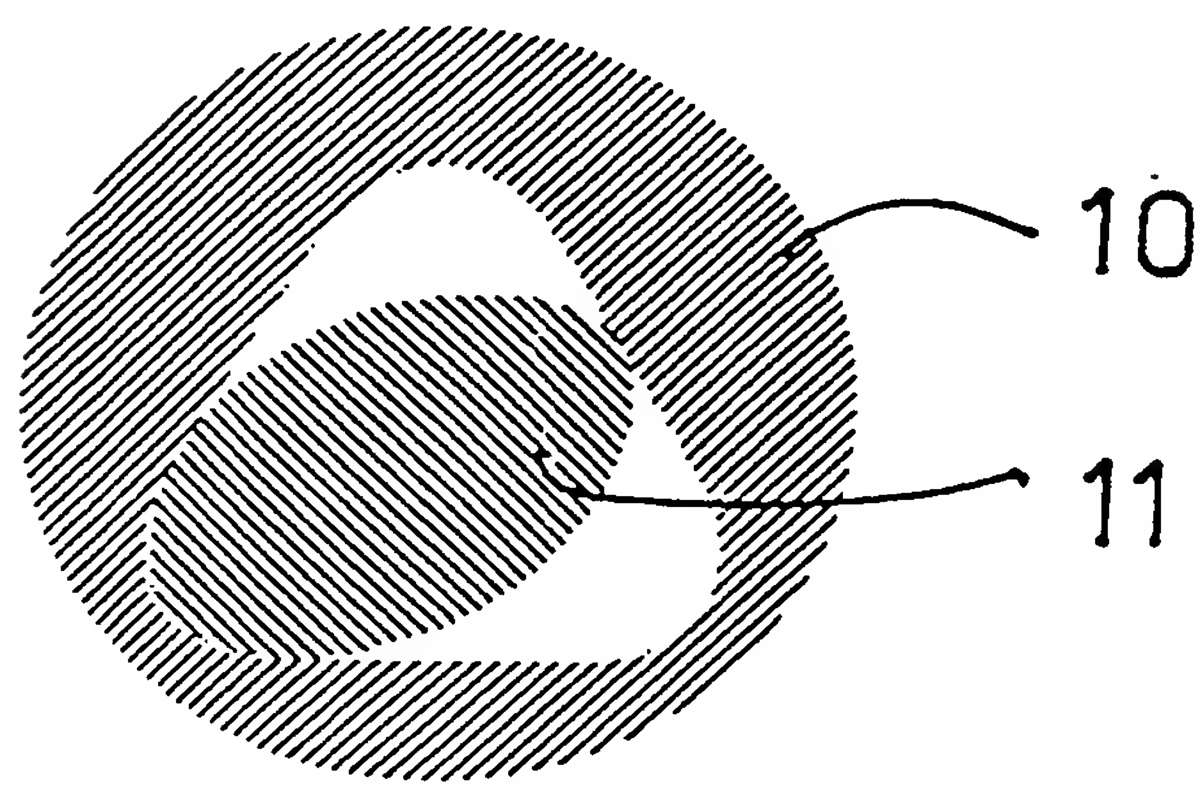

Fig 2

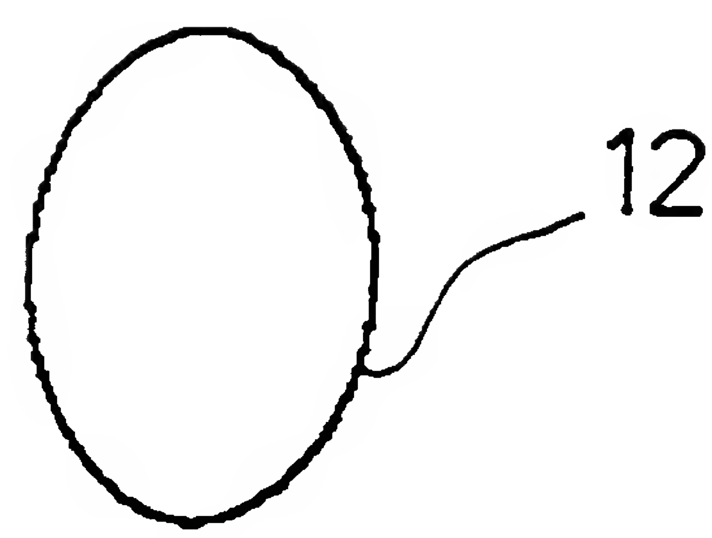

Fig 3

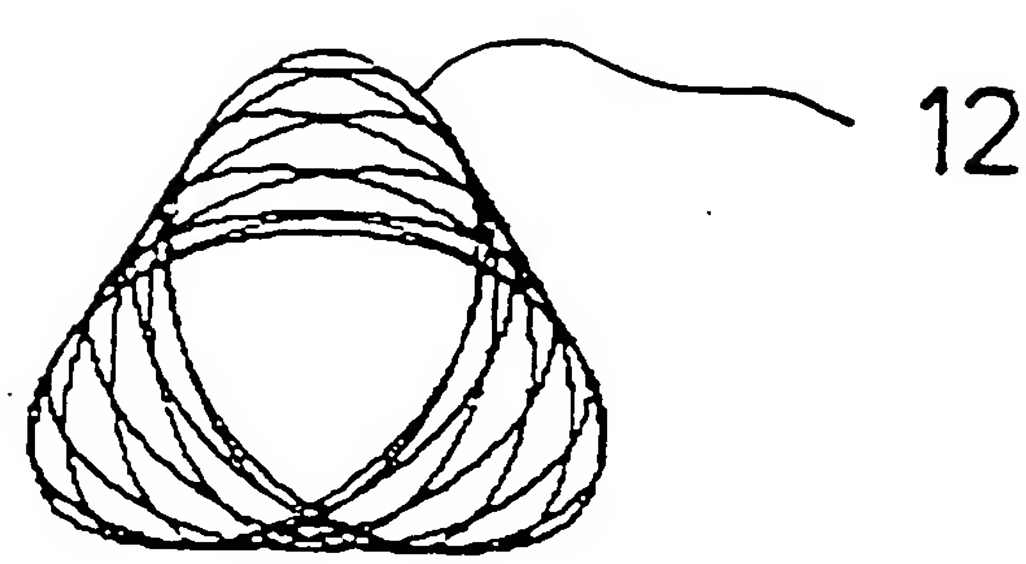

Fig 4

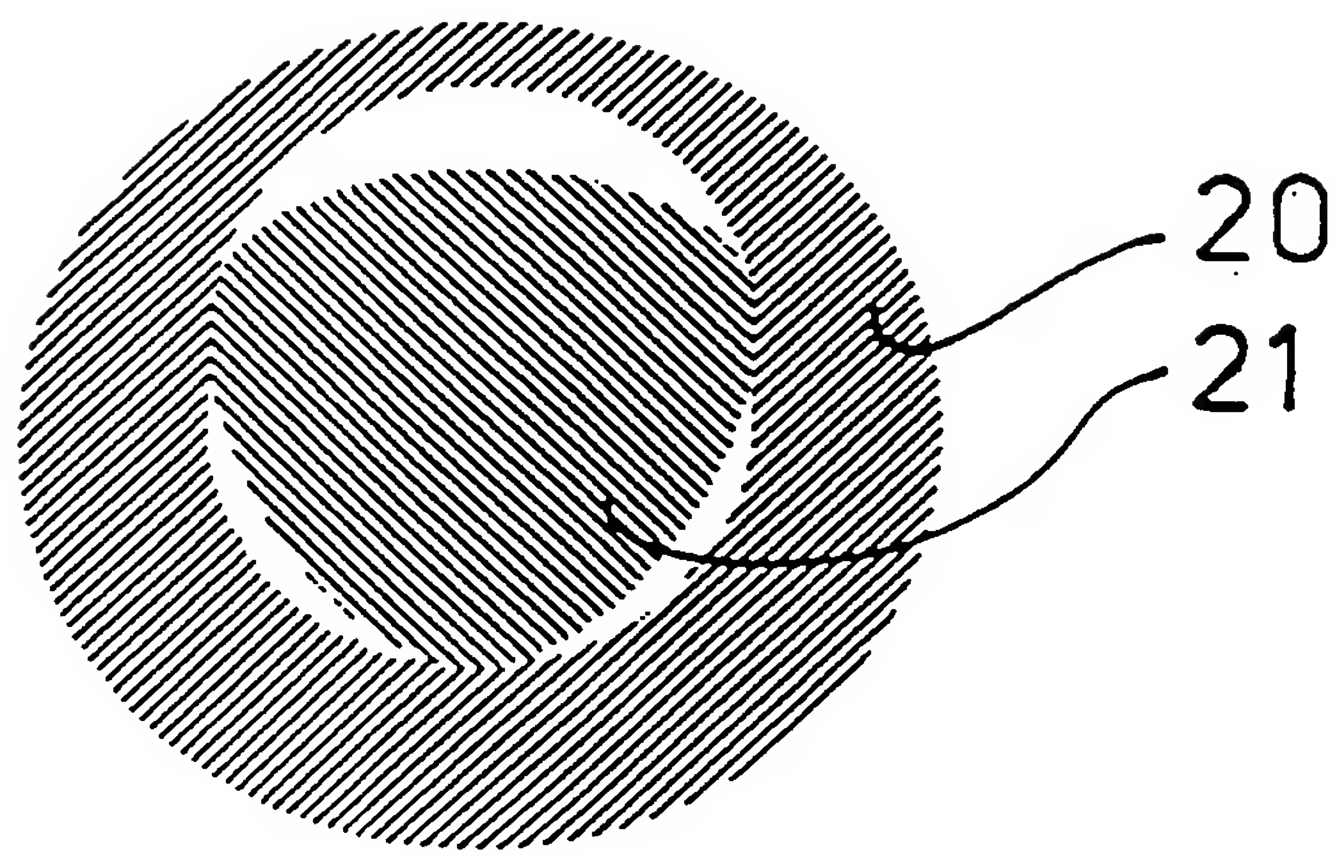

Fig 5

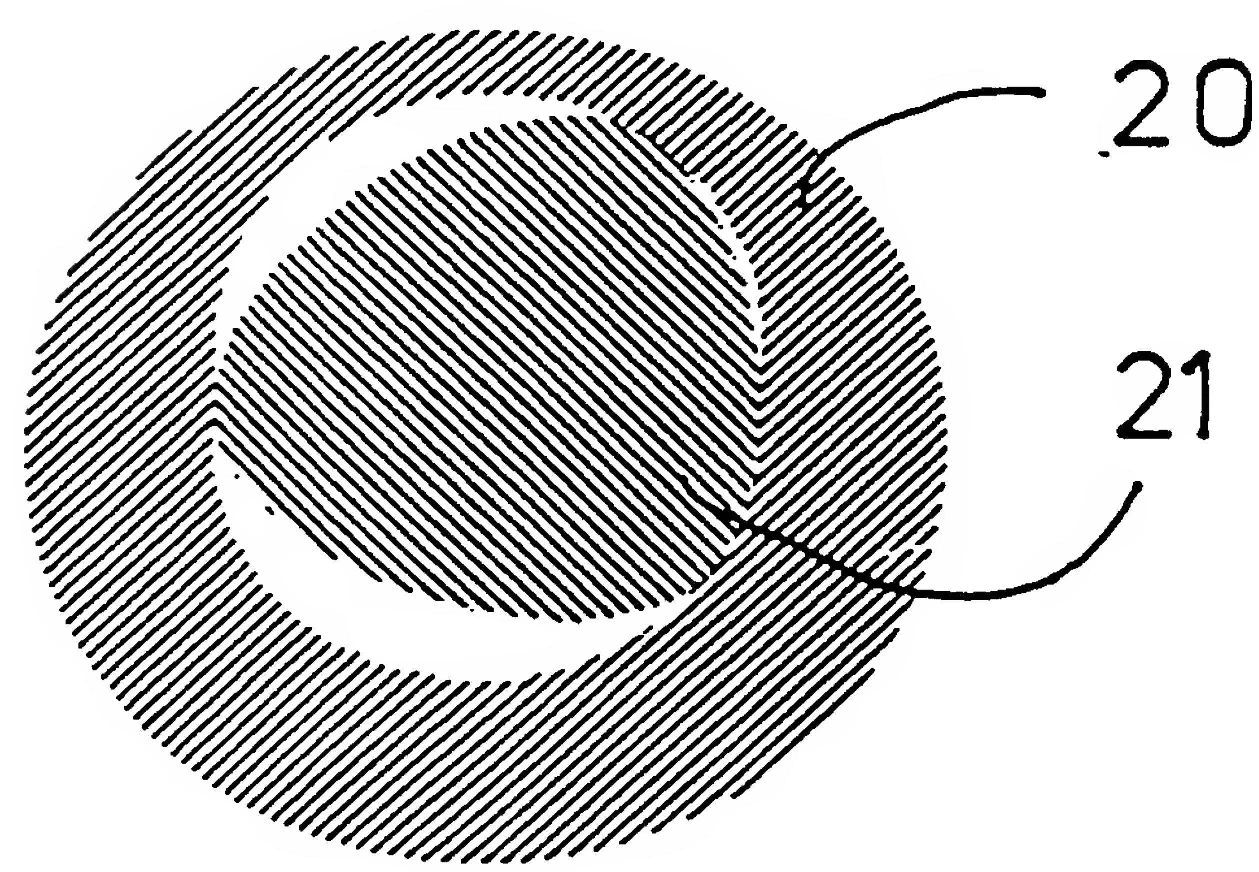

Fig 6

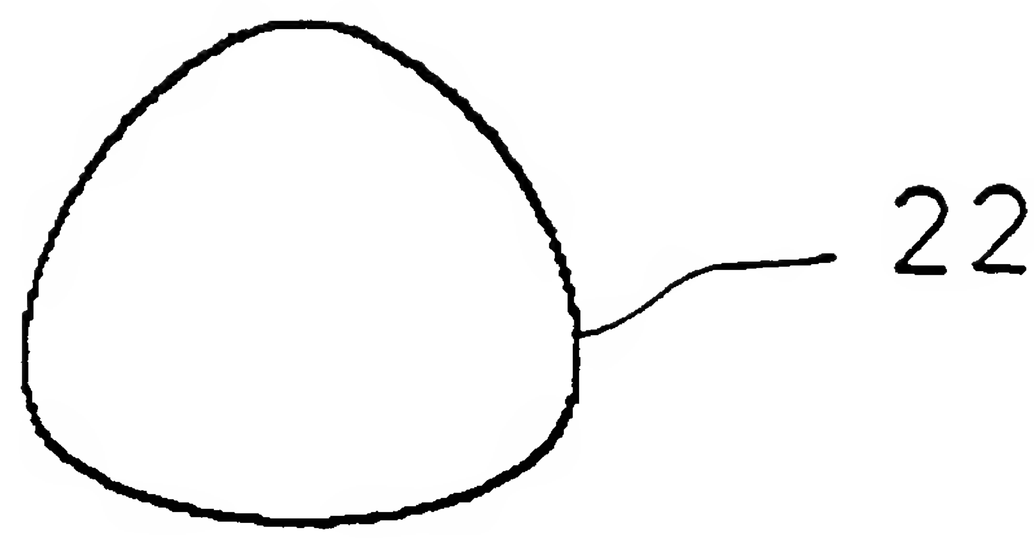

Fig 7

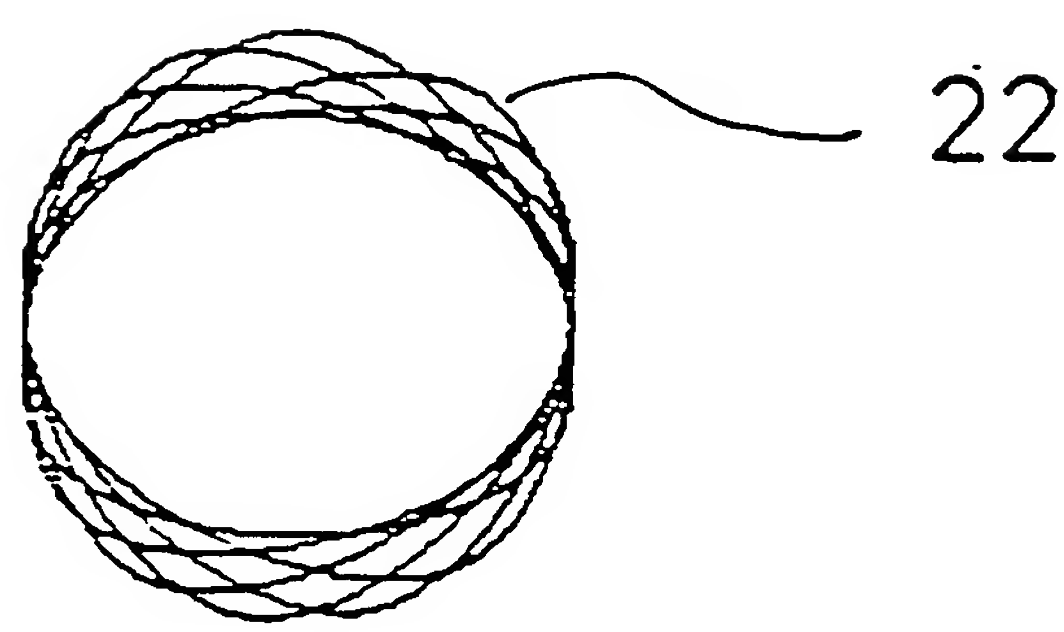

Fig 8

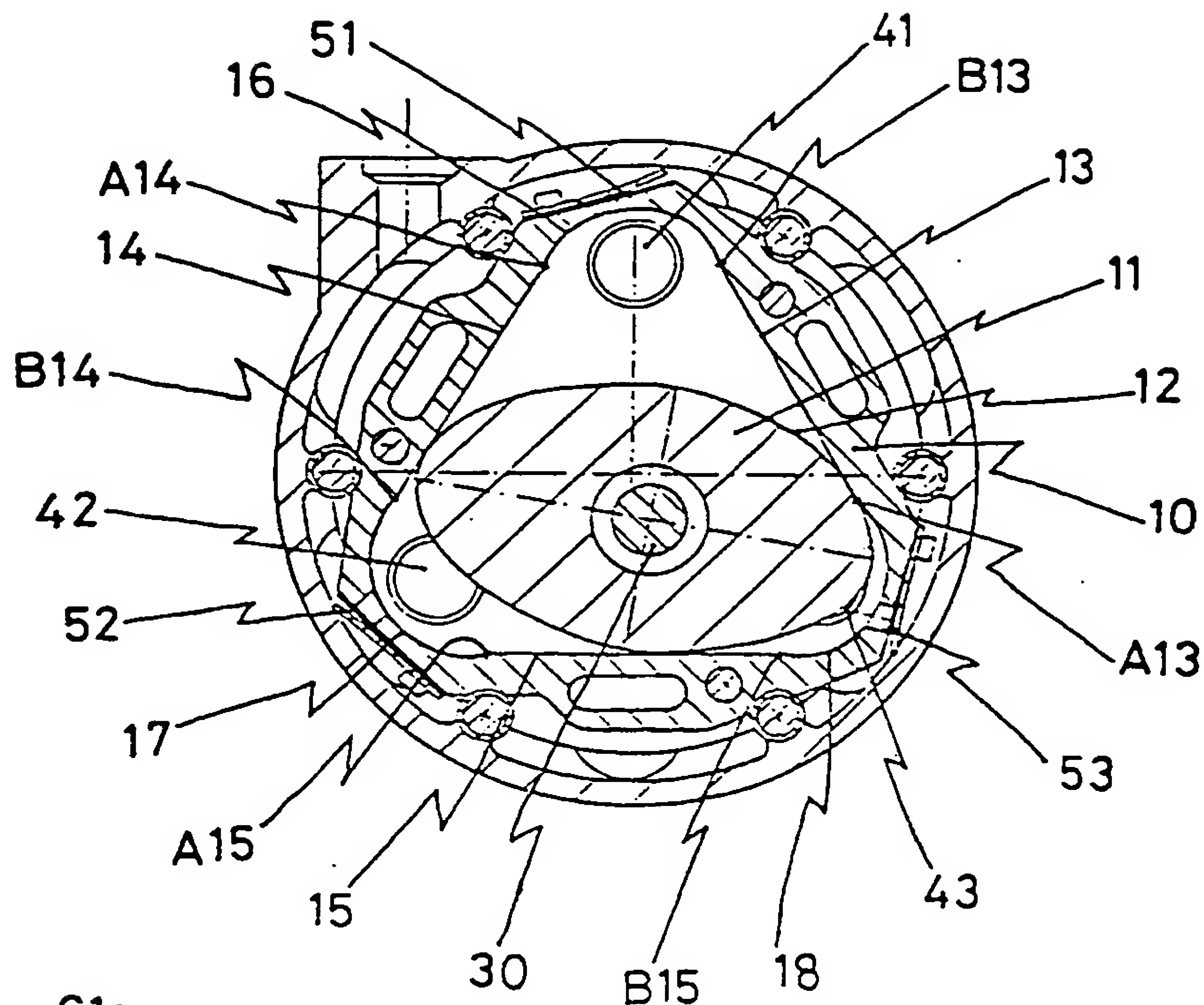
51
41
B13
16
A14
13
14
11
B14
12
10
42
A13
52
53
17
A15
15
43
30
B15
18

Fig. 9

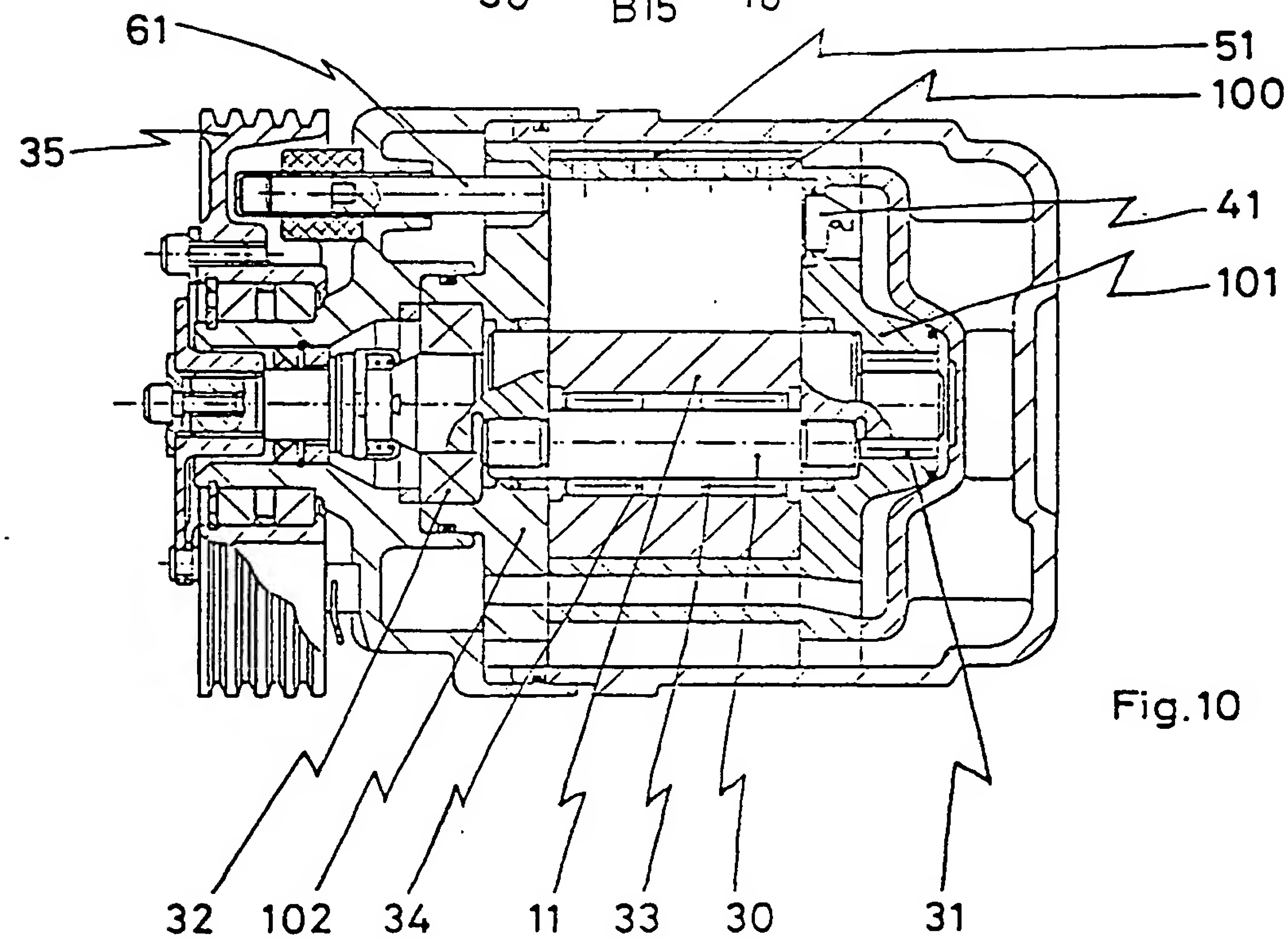
61
51
100
35
41
101
32
102
34
11
33
30
31

Fig. 10

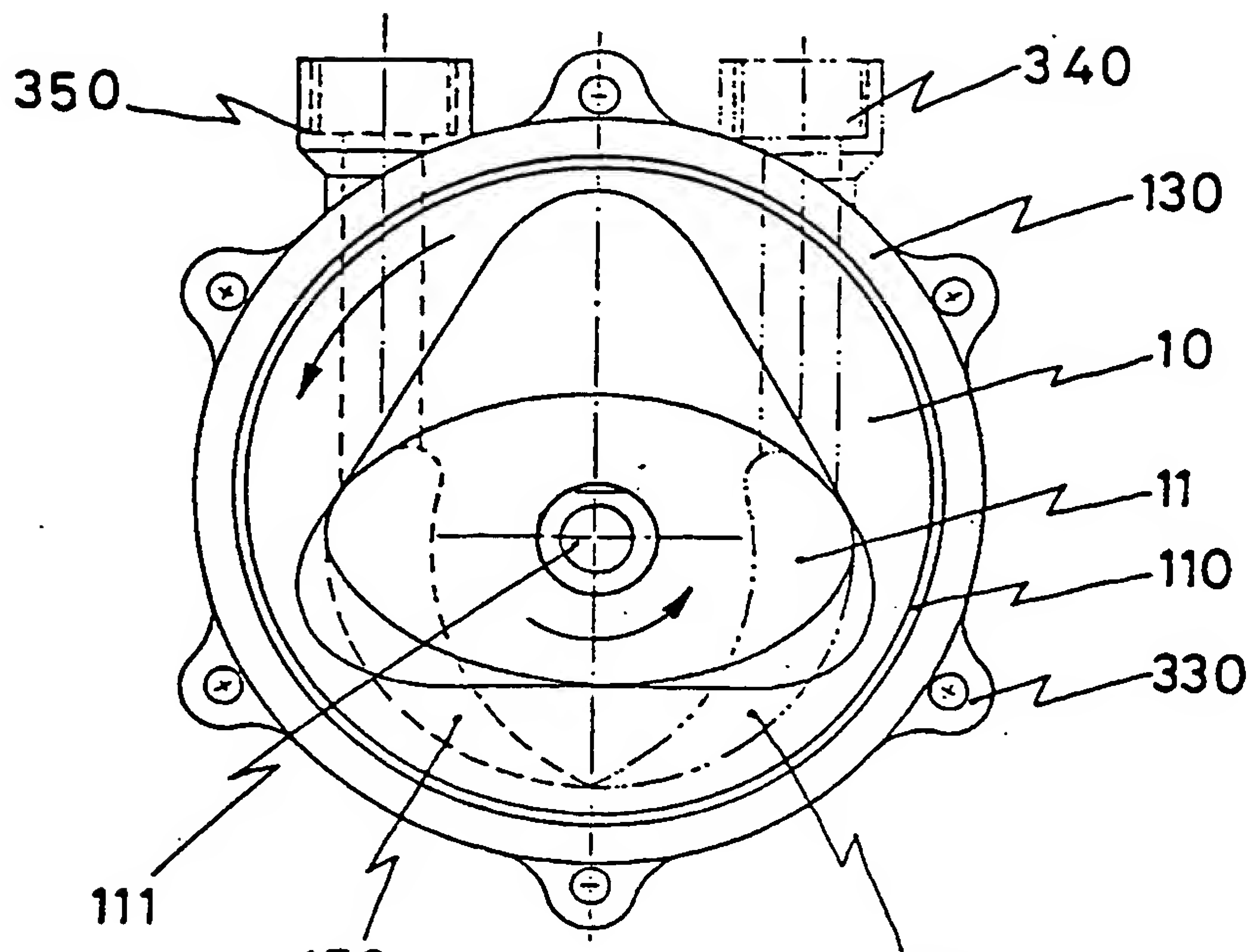
350
340
130
10
11
110
330
111
150
140

Fig 11

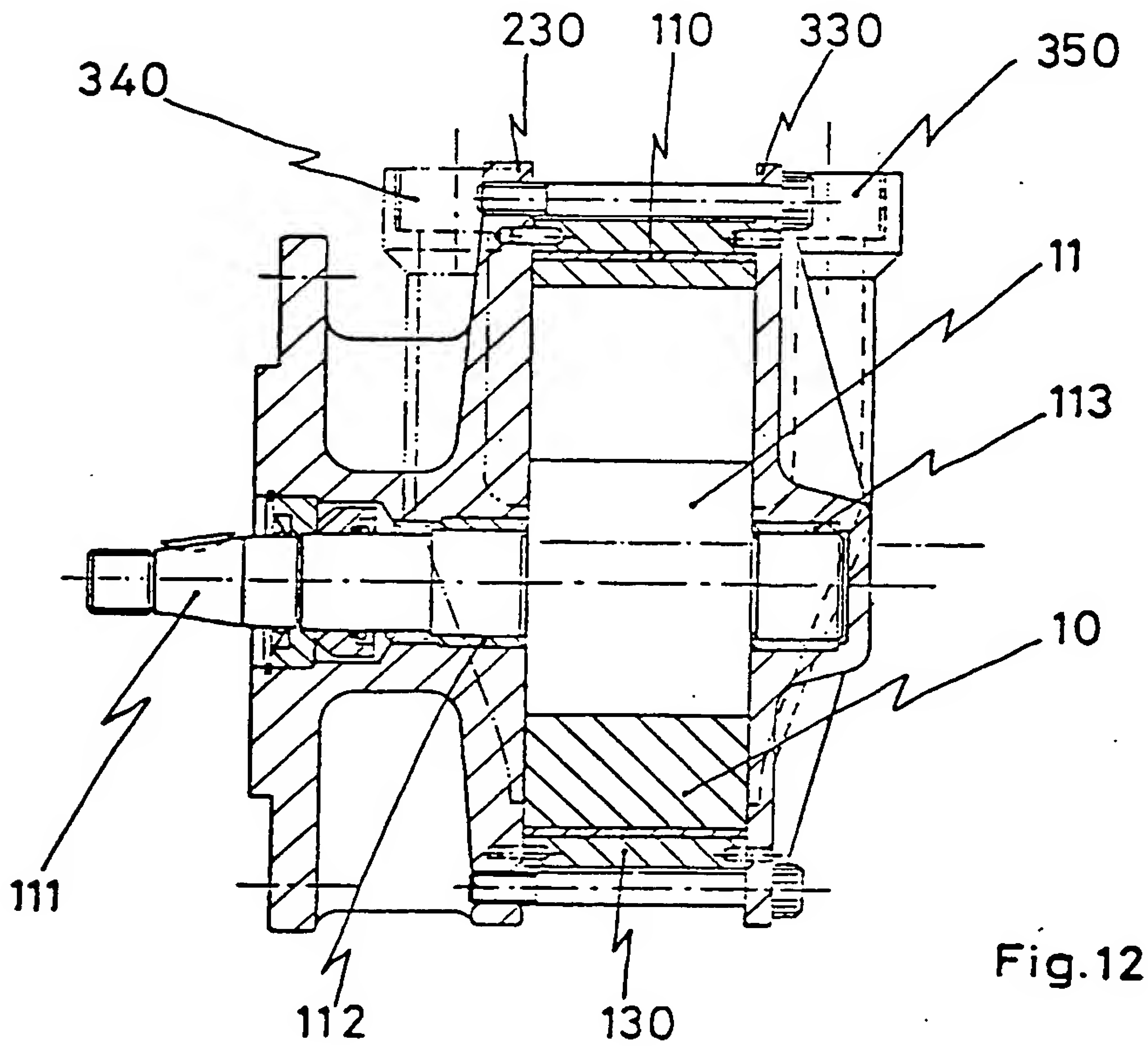
230
110
330
350
340
11
113
10
111
112
130

Fig.12